

- заявник і патентоволодар ІТМ НАНУ і НКАУ. – а 2011 12467; заявл. 24.10.2011; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8. – 10 с.
9. Патент на винахід 107270 Україна, МПК F02K 9/00. Спосіб керування вектором тяги рідинного ракетного двигуна з турбонасосним агрегатом подачі компонентів палива в камеру згоряння та рідинний ракетний двигун з його застосуванням / Коваленко М.Д., Стрельников Г.О., Шептун Ю.Д., Коваленко Г.М., Коваленко Т.О., Сироткіна Н.П.; заявник і патентоволодар ІТМ НАНУ і ДКАУ. – а 2013 06211; заявл. 20.05.2013; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 23. – 11 с.
10. Патент на винахід 108677 Україна, МПК F02K 9/00. Спосіб керування вектором тяги рідинного ракетного двигуна та рідинний ракетний двигун з його застосуванням / Коваленко М.Д., Стрельников Г.О., Шептун Ю.Д., Коваленко Г.М., Коваленко Т.О., Сироткіна Н.П.; заявник і патентоволодар ІТМ НАНУ і ДКАУ. – а 2013 08511; заявл. 08.07.2013; опубл. 25.05.15, Бюл. № 10. – 9 с.
11. **Коваленко Т. А.** Управление вектором тяги ЖРД космической ступени ракеты-носителя при возникновении массовой асимметрии / Т.А. Коваленко, Г.Н. Коваленко, Н.П. Сироткина // Техническая механика. – 2016. – № 1. – С. 51–59.
12. Особенности отработки системы управления вектора тяги высотных ЖРД / Н.Д. Коваленко, Г.А. Стрельников, Ю.Д. Шептун, Г.Н. Коваленко, А.Д. Игнатъев // Вестник ДНУ. Ракетно-космическая техника. – 2008. – № 14/1. – С. 49–63.
13. **Шептун Ю. Д.** Сравнение органов управления космической ступени носителя / Ю. Д. Шептун // Вестник ДНУ. Ракетно-космическая техника. – 2011. – № 14/1. – С. 64–71.
14. **Шептун Ю. Д.** Релейное управление космической ступенью ракеты-носителя / Ю. Д. Шептун, Н. Д. Коваленко, Т. А. Коваленко // Вестник ДНУ. Ракетно-космическая техника. – 2015. – № 1. – С. 41–46.

Надійшла до редколегії 19.04.2016

УДК 629.78

**П. В. Кустов, А. М. Кулабухов, В. А. Масальский, А. В. Тищенко**

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРИЕМА СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**Предложен способ автоматического дистанционного управления наземной станцией приема информации со спутников дистанционного зондирования Земли.**

*Ключевые слова:* спутниковая связь, наземный комплекс, автоматизация приема.

**Запропоновано спосіб автоматичного дистанційного керування наземною станцією прийому інформації зі супутників дистанційного зондування Землі.**

*Ключові слова:* супутниковий зв'язок, наземний комплекс, автоматизація прийому.

**A method of ground station automatic remote control is proposed for receiving information from remote sensing satellites.**

*Keywords:* satellite communications, ground station, receiver automation.

**Введение.** Для всех спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) необходимо планировать сеансы съемки, а также прием информации в моменты нахождения спутника в зоне видимости наземной станции.

Спутники ДЗЗ, как правило, находятся на низкоорбитальных, солнечно-синхронных орбитах для того, чтобы проводить съемку одних и тех же участков приблизительно при одной и той же освещенности и максимально получать энергетику для космического аппарата (КА) [2].

Существенным недостатком данных орбит является малая длительность сеансов связи. Максимальное время сеанса связи для приема информации составляет 16 минут и не превышает 4 сеансов связи в сутки для наземной станции, расположенной в Днепропетровске. Общая продолжительность сеансов связи в сутки составляет около 30 минут. При этом спутник может находиться в зоне видимости наземной станции в любое время суток.

Так как требование к качеству снимков с каждым годом растет, увеличивается и общий объем информации, необходимый для передачи. Чтобы увеличить общее время связи со спутником, арендуют наземные станции, находящиеся в приполярных широтах. Общее количество сеансов связи с наземной станцией в приполярных широтах для спутников, находящихся на солнечно-синхронных орбитах, достигает 12 сеансов в сутки и время приема информации составляет порядка 1,5 часа. Один из вариантов решения данной проблемы – аренда наземных станций приема на Шпицбергене, что является достаточно дорогой услугой [1].

В Днепропетровском национальном университете в корпусе физико-технического факультета установлена по программе TEMPUS наземная станция приема информации со спутников.

**Постановка задачи.** Для доступа к станции приема информации в любое время суток предлагается автоматизировать процесс приема информации со спутников без участия оператора, а управление станцией осуществлять через Интернет.

**Решение.** Рассмотрим задачу автоматизации процесса приема со спутников группировки NOAA с ограниченным доступом персонала и возможностью удаленного доступа к наземной станции через Интернет.

Прием информации осуществляется со следующими характеристиками: частота 137 МГц, максимальная скоростью приема 9,6 кбит/с, оборудование: трансивер Icom IC-910H, предусилитель входного сигнала AG-25, антенна Wimo X-quard, азимутально-угломестное поворотное устройство Yaesu G-5500, контроллер управления EA4XT.

Для решения задачи предлагается структурная схема общего комплекса автоматического приема информации, которая изображена на рис. 1. На данной схеме изображено удаленное операторское место (далее – клиент) и серверы наземных станций приема, управление которыми осуществляется через Интернет.

Для расчета времени сеансов связи и длительности каждого сеанса используется международный стандарт для определения положения космических объектов, разработанный для спутниковой группировки NORAD – «Two-line element set», или «Двухстрочный набор элементов».

Этот стандарт содержит в себе следующие данные для расчета орбиты: номер строки, номер спутника в базе данных NORAD, наклонение в градусах, долгота восходящего узла в градусах, эксцентриситет, аргумент перигея в градусах, средняя аномалия в градусах, частота обращения в день, номер витка на момент эпохи, контрольная сумма по модулю 10.

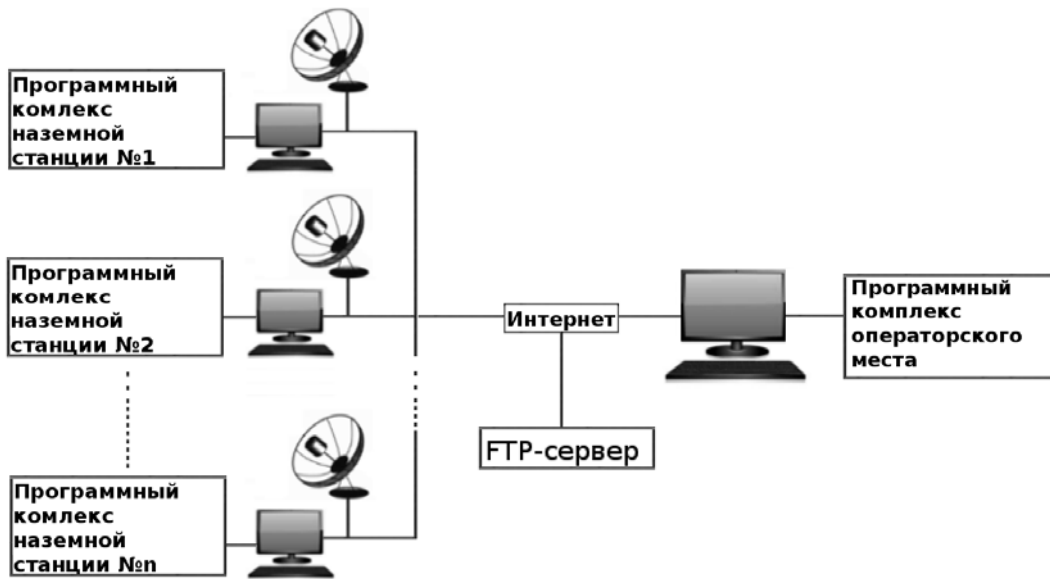


Рис. 1. Структурная схема удаленного управления наземными станциями приема информации

Структура исходных данных для спутника NOAA 18 [3]:

```
1 28654U 05018A 16131.93921184 .00000049 00000-0 52153-4 0 9991
2 28654 99.1977 137.9018 0015307 117.6216 242.651 14.12283255565389.
```

**Результаты.** Программный комплекс оператора планирует сеансы связи и управление поворотным устройством антенны для приёма данных со спутников на клиенте и осуществляет его на сервере (наземной станции).

Этапы работы разработанного программного комплекса оператора:

- 1) Запуск программы;
- 2) Обновление файлов TLE;
- 3) Выбор спутников, с которых будет осуществляться приём данных;
- 4) Задание промежутка времени, в пределах которого будет проведён расчёт сеансов связи для каждой наземной станции;
- 5) Расчёт сеансов связи, включая данные о спутниках (положение, частота приёма с учётом эффекта Доплера) для каждой секунды;
- 6) Выбор нужных сеансов связи;
- 7) Задание параметров формирования плана связи (шаг по частоте, азимуту и углу места);
- 8) Создание файлов плана связи;
- 9) Отправка плана на сервер.

Этапы работы разработанного программного комплекса для сервера:

- 1) Обнаружение плана связи;
- 2) Обработка плана;
- 3) Направление поворотного устройства антенны по заранее рассчитанному направлению на место появления спутника;

- 4) Сопровождение спутника путём управления частотой радиостанции с точностью 100 Гц и положением поворотного устройства антенны с точностью в 1 градус;
- 5) Построчное декодирование сигнала в изображение и запись его в формате jpg;
- 6) Автоматическая загрузка изображений через Интернет на удаленный FTP-сервер.

Примеры графиков изменения азимута, угла места и частоты приёма данных для одной сессии приёма информации со спутника NOAA 18 изображены на рис. 2–4.

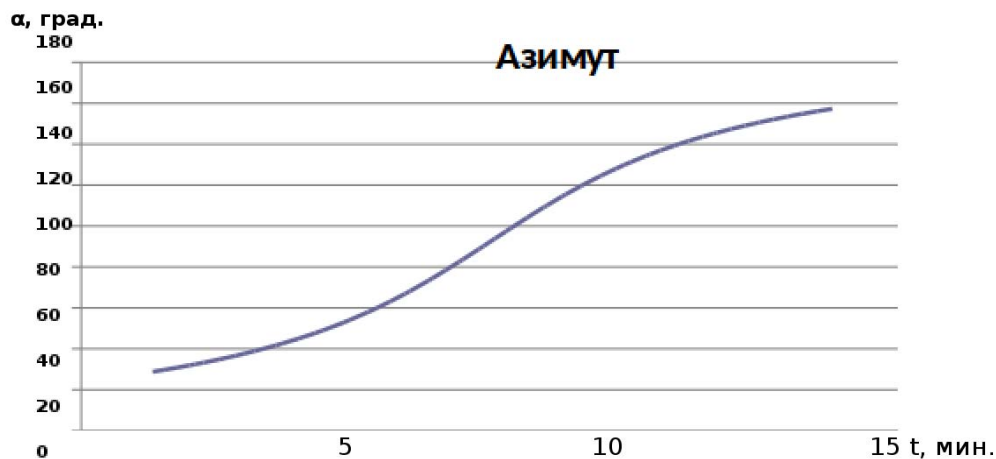


Рис. 2. Изменение азимута во времени за один сеанс связи

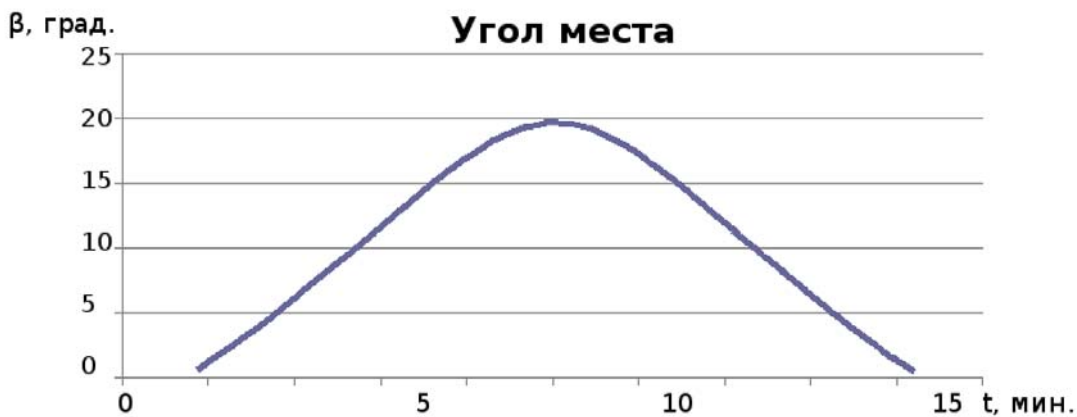


Рис. 3. Изменение угла места во времени за один сеанс связи

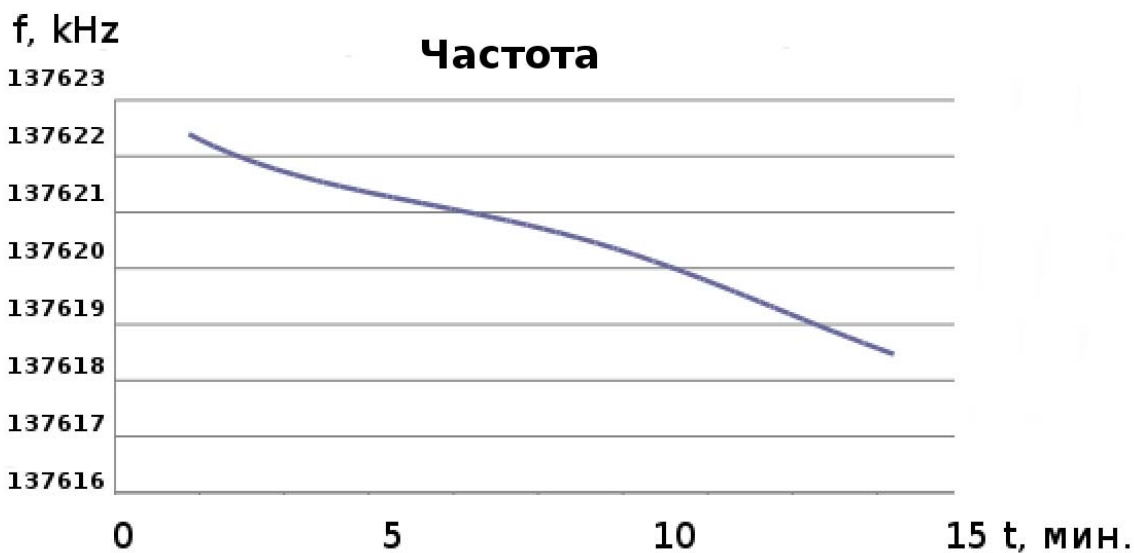


Рис. 4. Изменение частоты во времени за один сеанс связи

Автоматическое управление наземным комплексом дает следующие преимущества:

- 1) возможность использования наземного комплекса круглосуточно;
- 2) отсутствие персонала, что актуально для вузов и других бюджетных организаций;
- 3) управление наземным комплексом удаленно, через Интернет.

Снимок, принятый в автоматическом режиме со спутника NOAA 18, изображён на рис. 5.

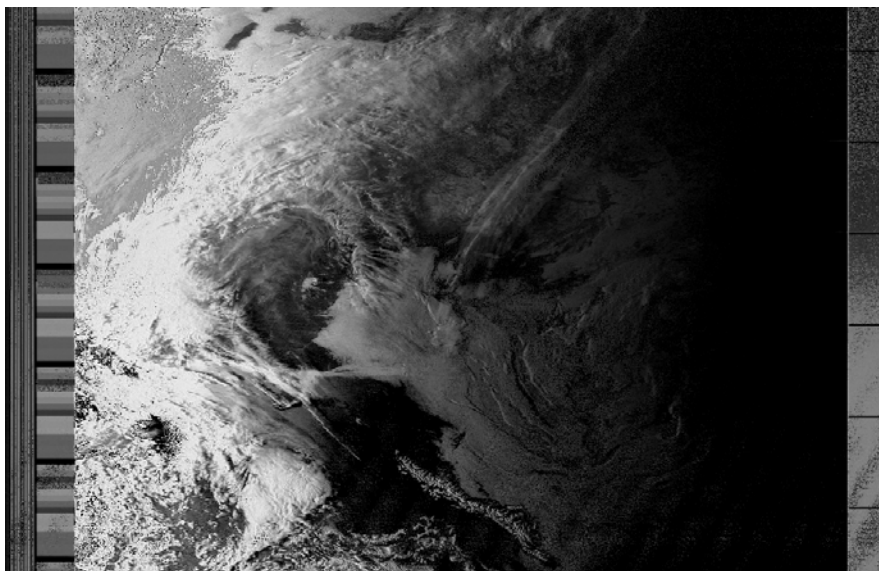


Рис. 5. Снимок со спутника NOAA 18

**Выводы.** Разработан способ автоматического дистанционного управления наземной станцией приема информации через Интернет, который позволяет получать в течение суток информацию со спутников дистанционного зондирования Земли без участия человека.

Разработано алгоритмическое обеспечение для автоматического планирования сеансов связи, приема и записи информации со спутников группировки NOAA, позволяющее автоматически управлять несколькими наземными станциями.

По предложенным алгоритмам создан программно-аппаратный комплекс, апробированный на удаленном операторском месте и наземной станции ДНУ, позволяющий принимать круглосуточно снимки со спутников группировки NOAA.

### Библиографические ссылки

1. **Баженов В.И.** Моделирование основных характеристик и процессов функционирования космических аппаратов / В.И. Баженов, М.И. Осин, Ю.В. Захаров. – М. : Машиностроение, 1985. – 240 с.
2. **Кашкин В.Б.** Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений / В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин. – М. : Логос, 2001. – 264 с.
3. <https://www.space-track.org/>

Надійшла до редколегії 24.05.2016

УДК 629.7.063.6 + 681.518.22

**В. Б. Мазуренко**

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

### РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ДОЗИРОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

Рассмотрен вопрос практической реализации вычислительных методов обработки сигналов от датчиков уровня заправки ракеты-носителя морского базирования, которые позволяют снизить влияние качания стартовой платформы на величину погрешности дозирования топливных баков.

*Ключевые слова:* ракета-носитель, система контроля заправки, фильтр Калмана.

Розглянуто питання практичної реалізації обчислювальних методів обробки сигналів від датчиків рівня заправки ракети-носія морського базування, що дозволяють знизити вплив коливання стартової платформи на величину похибки дозування паливних баків.

*Ключові слова:* ракета-носії, система контролю заправки, фільтр Калмана.

The article is devoted to implementation issue for digital signal processing methods aimed for treatment of signals produced by level sensors of sea based launch vehicle that permit to lower impact of launch platform swing to a propellant tanks loading error.

*Keywords:* launch vehicle, level monitoring system, Kalman filter.